

Aleksandra Konarzewska¹, Anna Korzon-Burakowska²,
Mirosława Dubaniewicz-Wybieralska¹

¹Katedra i Zakład Radiologii Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego w Gdańsku

²Katedra i Klinika Nadciśnienia Tętniczego i Diabetologii Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego w Gdańsku

Diagnostyka obrazowa w zespole stopy cukrzycowej — jak korzystać z dostępnych metod i jak się porozumieć z radiologiem?

Diagnostic imaging of the diabetic foot — how to use the available methods and how to communicate with the radiologist?

STRESZCZENIE

Na rozpoznanie zmian w obrębie struktur kostnych w zespole stopy cukrzycowej wpływają zarówno obraz kliniczny, jak i wyniki badań laboratoryjnych oraz obrazowych. W celu pełnego wykorzystania możliwości diagnostyki obrazowej istotne jest nie tylko propagowanie wiedzy na temat specyfiki zmian w zespole stopy cukrzycowej wśród radiologów, ale również pogłębianie współpracy między diabetologami, radiologami i innymi członkami zespołu opiekującego się pacjentami. Dzięki efektywnej wymianie doświadczeń do diagnostyki powinny docierać wszystkie informacje, które mogą być istotne w ocenie badania obrazowego, a klinicysta ma szansę się dowiedzieć, jak wykorzystywać możliwości diagnostyki obrazowej i w jaki sposób interpretować wyniki. (Diabet. Prakt. 2011; 12, 1: 15–20)

Słowa kluczowe: zespół stopy cukrzycowej, diagnostyka obrazowa, artropatia Charcota

ABSTRACT

Identification of bony abnormalities in diabetic foot syndrome depends not only on the clinical data, but also laboratory results and diagnostic imaging. Team work and communication between radiologist, diabetologist and other team members is crucial in the process of reaching proper diagnosis. The radiologist needs to be provided with all necessary clinical data that can influence assessment of images and the clinician needs to know, how to use the potential of diagnostic imaging and how to interpret the reports. (Diabet. Prakt. 2011; 12, 1: 15–20)

Key words: diabetic foot syndrome, diagnostic imaging, Charcot's arthropathy (foot)

W związku z rosnącą liczbą chorych na cukrzycę coraz bardziej powszechnym problemem dla pacjentów, a więc również i dla lekarzy, stają się jej powikłania, do których należy zespół stopy cukrzycowej. Powikłanie to prowadzi do długotrwałych hospitalizacji i jest najczęstszą nieurazową przyczyną amputacji kończyny w krajach uprzemysłowionych [1]. Na obraz zespołu stopy cukrzycowej składają się również, obok neuropatii cukrzycowej i niedokrwienia, owrzodzenia i infekcje tkanek miękkich, kości i stawów stóp będące ich następstwem oraz — sprawiająca szczególne trudności diagnostyczne — osteoartropatia neurogenna (zwana artropatią Charcota).

Adres do korespondencji: dr n. med. Anna Korzon-Burakowska
Katedra i Klinika Nadciśnienia Tętniczego i Diabetologii GUMed
ul. Dębinki 7c, 80–211 Gdańsk

e-mail: akorzon@wp.pl

Diabetologia Praktyczna 2011, tom 12, 1: 15–20

Copyright © 2011 Via Medica

Nadesłano: 07.02.2011 Przyjęto do druku: 23.02.2011

Diagnostyka zespołu stopy cukrzycowej może stanowić dla diabetologa znaczące wyzwanie, zwłaszcza w przypadku zmian dotyczących struktur kostnych, które trudniej jest ocenić w badaniu klinicznym. Dlatego w procesie diagnostycznym uwzględnia się zarówno badanie podmiotowe i przedmiotowe, badania laboratoryjne, jak i wyniki badań obrazowych — metody podstawowej, jaką jest RTG, oraz w wybranych sytuacjach innych metod — najczęściej rezonansu magnetycznego (MRI, *magnetic resonance imaging*) i badań scyntygraficznych. Największe trudności sprawia rozpoznanie i zróżnicowanie zmian w obrębie struktur kostnych (zwłaszcza stanu zapalnego kości i artropatii Charcota) w fazie najwcześniejszej, gdy zmiany nie są jeszcze widoczne na klasycznych zdjęciach rentgenowskich. W niektórych przypadkach trudne jest również zróżnicowanie lub wykluczenie współistnienia zapalenia kości (*osteomyelitis*) i artropatii Charcota, nawet w zaawansowanej fazie. Dane z piśmiennictwa wskazują, że nawet do 25% przypadków artropatii Charcota nie zostaje właściwie zdiagnozowanych [2]. Często u chorych z tym powikłaniem mylnie rozpoznaje się stan zapalny tkanek miękkich, dnę moczanową, złamanie czy też nasilone zmiany zwyrodnieniowe. Nieprawidłowa diagnoza w takich przypadkach może skutkować brakiem właściwej terapii, a w konsekwencji — amputacją kończyny. W związku z tym uzasadnione jest stosowanie różnych metod diagnostycznych, w zależności od obrazu klinicznego i wyników wcześniejszych badań.

Badanie rentgenowskie

Mimo intensywnego rozwoju diagnostyki obrazowej w ciągu ostatniego stulecia, podstawową metodą w diagnostyce zmian w strukturach kostnych pozostają klasyczne zdjęcia RTG, i to od nich należy rozpoczynać obrazowanie w zespole stopy cukrzycowej. Należy jednak pamiętać o ich ograniczonej wartości w pewnych sytuacjach klinicznych — w przypadku zapalenia kości czułość tego badania wynosi 50–75%, a specyficzność 75–83% [3].

Dla radiologa oceniającego badanie bardzo istotne jest dostarczenie wcześniej wykonanych zdjęć do porównania (nie tylko opisów tych badań) oraz zawarte w skierowaniu dane kliniczne (informacja o rozpoznaniu wstępnym, lokalizacji zmian, obecności owrzodzenia czy miejscowych lub ogólnych objawów infekcji), które zadecydują o właściwym doborze projekcji zdjęć i zwrócą szczególną uwagę na podejrzany region. Oprócz właściwie wykonanych, poprawnych technicznie zdjęć, spełnienie tych dwóch warunków może

Tabela 1. Proponowane projekcje zdjęć RTG w zależności od lokalizacji zmian

Lokalizacja zmian	Proponowane projekcje zdjęć RTG
Przodostopie — kości palców, kości śródstopia	Projekcja grzbietowo-podeszwowa (a–p) i skośna
Okolica stawów stępowo-śródstopnych i stawów pomiędzy kośćmi stępu	Projekcja a–p, skośna i boczna
Staw skokowo-goleniowy, bloczek kości skokowej	Projekcja a–p i boczna stawu skokowego
Kość piętowa	Projekcja boczna i osiowa kości piętowej

znacznie zwiększyć skuteczność diagnostyczną oceny.

Klasyczną zasadą jest wykonywanie zdjęć w przynajmniej 2 projekcjach, których wybór zależy od lokalizacji zmiany (tab. 1). Na przykład, przy podejrzeniu zmian w obrębie przodostopia nie należy kierować pacjenta na zdjęcie stopy w projekcji bocznej, ponieważ większość struktur kostnych przodostopia będzie się wzajemnie przesłaniała, a ich ocena będzie niemiarodajna. Natomiast projekcja boczna może być przydatna w ocenie łuku podłużnego stopy i wzajemnych relacji między kośćmi stępu. W ocenie stawu skokowo-goleniowego czy kości piętowej nie należy pacjenta kierować na „RTG stopy” (jeśli na skierowaniu nie będzie informacji o lokalizacji zmian, zazwyczaj zostaną w takiej sytuacji wykonane standardowe zdjęcia a–p i skośne, pozwalające na ocenę przodostopia), tylko na zdjęcie stawu skokowego w projekcji a–p i bocznej lub też, w drugim przypadku, RTG kości piętowej w projekcji bocznej i osiowej.

Zdjęcie RTG umożliwia orientacyjną ocenę poszerzenia cienia tkanek miękkich, ubytków w ich obrębie, obecności cieniującego ciała obcego, zwapnień pozaszkieletowych lub pęcherzyków gazu oraz, przede wszystkim, struktur kostnych. Nie należy jednak zapominać, że w fazie najwcześniejszej zarówno *osteomyelitis*, jak i artropatii Charcota na zdjęciu RTG nie widać charakterystycznych zmian kostnych. Następstwa toczącego się stanu zapalnego w postaci odwapnienia, powstawania odczynów okostnowych, przerwania warstwy korowej i destrukcji kostnej w przebiegu zmian zapalnych są widoczne po zniszczeniu około 30–50% masy kostnej, na co potrzeba około 7–14 dni [4]. Dlatego w celu rozpoznania bądź wykluczenia *osteomyelitis* badanie należy powtórzyć po tym czasie.

W przebiegu artropatii Charcota najbardziej typowe są podwichnięcia i zwichnięcia, zwłaszcza w stawach stępu i stępowo-śródstopnych, prowadzące do powstania uwypuklenia na przyśrodkowym zarysie stopy (*medial convexity*) lub zniekształcenia stopy typu „kołyski”, nieostrość zarysów kostnych w fazie aktywnego procesu, fragmentacja chrząstki i kości, w przypadkach o niekorzystnym przebiegu prowadzące do nasilonej destrukcji i obrazu „rumowiska kostnego”. Do obrazów charakterystycznych dla osteoartropatii neurogennej należą również osteoliza poprzeczna nasad dalszych kości śródstopia oraz złamanie awulsyjne guza piętowego [5, 6]. W przewlekłej fazie typowa

jest nasilona sklerotyzacja, którą można uznać za cechę charakterystyczną, ponieważ nie występuje w przypadku żadnego innego procesu przebiegającego z tak dużymi zniszczeniami [7]. Należy pamiętać, że ujemny wynik badania RTG w początkowej fazie nie wyklucza aktywnego procesu o charakterze artropatii Charcota w obrębie struktur kostnych (tab. 2), a jak podano w piśmiennictwie, do destrukcji kostnej w tym przypadku może dochodzić „z dnia na dzień” [7]. Dlatego optymalne dla pacjenta byłoby odciążenie kończyny w każdym przypadku podejrzenia artropatii Charcota, nawet jeśli na zdjęciu RTG nie widać zmian — tak aby nie dopuścić do zniszczeń w strukturach kostnych.

Tabela 2. Obraz poszczególnych faz artropatii Charcota i proponowane postępowanie [8]

Faza artropatii Charcota	Obraz kliniczny	Obraz RTG	Obraz MRI	Postępowanie
Faza 0 — zagrażająca destrukcja kostna	Obrzęk, zaczerwienienie, wzmożone ucieplenie stopy (różnica ucieplenia stóp > 2,5°C)	Brak charakterystycznych zmian	Obrzęk szpiku kostnego, obrzęk tkanek miękkich, wysięk w stawach, uszkodzenie chrząstki	Unieruchomienie w opatrunku gipsowym lub ortezie
Faza 1 — destrukcja kostna	Obrzęk, zaczerwienienie, wzmożone ucieplenie stopy, niestabilność stawów, postępujące zniekształcenie	Postępująca destrukcja — fragmentacja struktur kostnych, złamania, obecność wolnych fragmentów kostnych, podwichnięcia i zwichnięcia, postępujące zniekształcenie stopy	Obrzęk szpiku kostnego, obrzęk tkanek miękkich, wysięk w stawach, zwichnięcia, postępująca destrukcja, fragmentacja i zniekształcenie	Kontynuacja unieruchomienia w opatrunku gipsowym
Faza 2 — stopniowa stabilizacja	Stopniowo zmniejszający się obrzęk, zaczerwienienie i temperatura stopy, niestabilność stawów, zniekształcenie stopy	Stopniowa remineralizacja, gojenie złamań, fuzja fragmentów kostnych, podwichnięcia, zwichnięcia, zniekształcenie struktur kostnych, postępująca sklerotyzacja	Zmniejszające się nasilenie obrzęku szpiku, obrzęku tkanek miękkich, wysięku w stawach, gojenie się złamań, dokonane zwichnięcia i zniekształcenie	Stopniowy powrót do obciążania stopy zależny od obrazu klinicznego (różnica w temp. <2,5°C)
Faza 3 — zmiany dokonane	Ustąpienie obrzęku, zaczerwienienia, wzmożonego ucieplenia, dokonane zniekształcenie stopy	Dokonana destrukcja i zniekształcenie, podwichnięcia i zwichnięcia, nasilone zmiany zwyrodnieniowe, zwężenie szpar stawowych, nasilona sklerotyzacja	Sygnał struktur kostnych obniżony lub prawidłowy, dokonana destrukcja i zniekształcenie, podwichnięcia i zwichnięcia, zmiany zwyrodnieniowe	Opieka Poradni Stopy Cukrzycowej, odpowiednie obuwie, ewentualne leczenie ortopedyczne zniekształceń

Tabela 3. Różnice w obrazie MRI artropatii Charcota i osteomyelitis [9]

	<i>Osteomyelitis</i>	Artropatia Charcota
Sygnal szpiku	Wysoki w T2 i STIR, niski w T1, wzmocnienie po CM	Faza ostra: jak w <i>osteomyelitis</i> Faza przewlekła: sygnał prawidłowy lub niski w T1 i T2
Charakter obrzęku szpiku	Rozlane zajęcie szpiku, raczej dotyczy pojedynczej kości	Obrzęk zazwyczaj okołostawowy, podchrzęstny
Dystrybucja	Zmiany ogniskowe	Zajęte liczne stawy/kości
Typowa lokalizacja	Miejsca zwiększonego nacisku: palce, głowy k. śródstopia, k. piętowa	Najczęściej środkowa część stopy (<i>midfoot</i>)
Zniekształcenie	Zazwyczaj nie występuje, chyba że współistnieje artropatia Charcota	Zniekształcenie częste, aż do postaci „rumowiska kostnego”
Zmiany w tkankach miękkich	Silny związek z obecnością owrzodzenia, ropnia lub przetoki	Ciągłość skóry zazwyczaj zachowana, może występować obrzęk

U tych pacjentów należy rozważyć wykonanie badania MRI lub scyntygrafii trójfazowej kości, by przy ich użyciu potwierdzić aktywny proces w strukturach kostnych i przedłużyć odciążenie kończyny w odpowiednim opatrunku gipsowym.

Rezonans magnetyczny

Badanie MRI jest bardzo wartościową metodą umożliwiającą dokładną analizę zmian w obrębie tkanek miękkich oraz wysoce czułą ocenę obecności obrzęku szpiku kostnego; cechuje się ona również dobrą rozdzielczością przestrzenną i tkankową, co pozwala na dokładną lokalizację zmian. W celu optymalnego zaplanowania i oceny badania, również i w tym przypadku jest konieczny dostęp do wcześniej wykonanych badań obrazowych, aktualnych zdjęć RTG oraz danych klinicznych.

W przypadku zmian zapalnych w badaniu MRI można zaobserwować — obok nacieku zapalnego w tkankach miękkich, owrzodzeń, przetok, ropni i wysięku w stawach — pozostające z nimi w ciągłości obszary zmienionego sygnału szpiku kostnego (hipointensywny w obrazach T1-zależnych i hiperintensywny w obrazach T2-zależnych, z wytłumieniem sygnału tkanki tłuszczowej) oraz przerwanie warstwy korowej, destrukcję kostną i tworzenie martwaków [4].

U pacjentów z aktywną fazą artropatii Charcota zmiany sygnału szpiku kostnego wyglądają podobnie jak *osteomyelitis* i mimo że opisano odmienności w obrazie MRI (tab. 3), często różnicowanie tych dwóch zmian pozostaje znaczącym problemem. Natomiast w fazie przewlekłej osteoartropatii neurogennej sklerotycznie przebudowane struktury kostne stóp zazwyczaj charakte-

ryzują się obniżonym sygnałem we wszystkich sekwencjach — taki obraz pozwala na wykluczenie aktywnych zmian [9].

Badanie MRI nie naraża pacjenta na promieniowanie jonizujące, jednak jest związane z koniecznością przebywania przez co najmniej 30 minut w silnym polu magnetycznym w bezruchu, w zamkniętym pomieszczeniu, przy dużym natężeniu hałasu. Z tego wynikają najważniejsze przeciwwskazania do badania MRI: pacjent niewspółpracujący, niespokojny, z klaustrofobią, po wszczepieniu układu stymulującego serca lub kardiowertera-defibrylatora, implantu ślimakowego, klipsów ferromagnetycznych na naczyniach mózgowych; obecność ciał obcych metalicznych, zwłaszcza w obrębie gałki ocznej, lub też innych struktur i urządzeń podlegających działaniu pola magnetycznego. Ponadto w przypadku pacjentów z niewydolnością nerek i GFR < 60 ml/min/1,73m² należy uwzględnić ryzyko związane z podawaniem gadolinowych środków kontrastowych ze względu na możliwość rozwoju nefrogennego włóknienia układowego — poważnego powikłania przypominającego klinicznie twardzinę układową [10].

Badania scyntygraficzne

Spośród metod scyntygraficznych najpowszechniej stosowana jest scyntygrafia trójfazowa kości. Ponadto w niektórych przypadkach można wykorzystać znaczniki swoiste dla stanu zapalnego, a także pozytonową tomografię emisyjną (PET, *positron emission tomography*). Scyntygrafia trójfazowa kości cechuje się wysoką czułością w rozpoznawaniu aktywnych zmian w obrębie tkanek miękkich oraz struktur kostnych, ma jednak ograniczoną swo-

istość w charakteryzowaniu procesu i dokładnej jego lokalizacji. W pierwszej fazie scyntygrafii trójfazowej można ocenić unaczynienie badanego obszaru, w drugiej fazie (faza „puli krwi”) — obecność zwiększonej aktywności znacznika w obrębie tkanek miękkich. Trzecia faza pozwala na ocenę wychwytu znacznika radioaktywnego przez struktury kostne. W przypadku zespołu stopy cukrzycowej zarówno *osteomyelitis*, aktywna faza artropatii Charcota, współistnienie obu tych schorzeń, jak i wiele innych chorób układu kostno-stawowego może spowodować wzrost aktywności znacznika we wszystkich trzech fazach badania scyntygraficznego. Niektórzy autorzy postulują ocenę w fazie czwartej po 24 godzinach lub zastosowanie scyntygrafii ze znakowanymi leukocytami bądź przeciwciałami o powinowactwie do leukocytów, co miaoby poprawić swoistość w diagnozowaniu *osteomyelitis* [4].

Wartościową metodą o wysokiej czułości oraz dobrej rozdzielczości przestrzennej jest PET, jednak ze względu na ograniczoną dostępność i bardzo wysoki koszt nie stała się ona dotychczas powszechnie stosowanym badaniem.

Tomografia komputerowa

Tomografia komputerowa znajduje zastosowanie w wybranych przypadkach zespołu stopy cukrzycowej, zwłaszcza przed planowanymi zabiegami ortopedycznymi. Umożliwia precyzyjną ocenę struktur kostnych, również na rekonstrukcjach wielopłaszczyznowych i trójwymiarowych. Ma jednak mniejszą wartość w ocenie tkanek miękkich i nie umożliwia rozpoznania obrzęku szpiku kostnego w najwcześniejszej fazie zmian, przed dokonaniem destrukcji zarówno w przebiegu artropatii Charcota, jak i *osteomyelitis*. Należy również pamiętać, że badanie to obciąża pacjenta promieniowaniem jonizującym, a podanie jodowych środków kontrastujących jest przeciwwskazane między innymi w przypadku niewydolności nerek, chorób tarczycy i alergii.

Ultrasonografia

Ultrasonografia umożliwia precyzyjną ocenę tkanek miękkich (obecności ropni, wysięku w stawach, w pochewkach ścięgien i kaletkach, jak również struktury ścięgien, więzadeł), jej wartość zależy jednak od klasy wykorzystywanego sprzętu oraz od doświadczenia badającego. Bariere dla ultradźwięków stanowią struktury uwapniane i dlatego nie jest możliwa ocena kości, poza ich zarysami zewnętrznymi. Ultrasonografia dopplerowska — jako metoda nieinwazyjna i stosunkowo łatwo dostępna — odgrywa natomiast bardzo istotną rolę w diagnostyce chorób tętnic i żył kończyn dolnych. Szczegółowa interpretacja wyników badań dopplerowskich oraz określenie wskazań do rewaskularyzacji są domeną chirurgów naczyniowych.

Podsumowanie

1. Diagnostykę obrazową w zespole stopy cukrzycowej należy rozpoczynać od klasycznych zdjęć RTG, w projekcjach zależnych od lokalizacji zmian.
2. W przypadkach niejednoznacznych (np. w najwcześniejszej fazie, przy ujemnym wyniku badania RTG lub gdy obraz RTG nie jest specyficzny) przydatne są również inne metody, najczęściej MRI lub badania scyntygraficzne (tab. 4).
3. Dla radiologa opisującego badania obrazowe bardzo istotne jest dostarczenie danych klinicznych, które powinny być zawarte na skierowaniu, oraz wcześniejszych badań pacjenta (w formie zdjęć lub na płytach) — spełnienie tych dwóch warunków pozwala na wybór odpowiedniego protokołu badania i może znacząco poprawić czułość i swoistość oceny.
4. Zróżnicowanie zmian w obrębie struktur kostnych w zespole stopy cukrzycowej stanowi nadal znaczący problem — na ostateczne rozpoznanie wpływają badanie podmiotowe, przedmiotowe, wyniki badań laboratoryjnych oraz diagnostyki obrazowej.

Tabela 4. Zalety, wady i proponowane zastosowanie poszczególnych metod diagnostyki obrazowej

Metoda diagnostyki obrazowej	Proponowane zastosowanie	Zalety	Wady i ograniczenia
RTG	Metoda podstawowa — wartościowa w ocenie dokonanych zmian w strukturach kostnych	Metoda łatwo dostępna, relatywnie niedroga	Niska czułość w fazie początkowej zmian, zawodna specyficzność
MRI	Wartościowa w ocenie tkanek miękkich oraz struktur kostnych, również w fazie najwcześniejszej, umożliwia monitorowanie aktywności procesu	Wysoka czułość i specyficzność w ocenie patologii tkanek miękkich oraz struktur kostnych	Relatywnie trudny dostęp, wysoka cena, nie zawsze specyficzna, dość liczne przeciwwskazania
Scyntygrafia trójfazowa kości	Potwierdzenie zmian w strukturach kostnych w fazie najwcześniejszej, monitorowanie aktywności procesu	Wysoka czułość w ocenie aktywnych zmian w tk. miękkich i w strukturach kostnych	Niska specyficzność, mała rozdzielczość przestrzenna, relatywnie trudniejszy dostęp
USG	Ocena tkanek miękkich, ew. zewnętrznych zarysów kostnych, obecności zbiorników płynowych, duża wartość dopplerowskiej diagnostyki tętnic w przypadku niedokrwienia oraz żył przy podejrzeniu zakrzepicy	Metoda stosunkowo łatwo dostępna, niedroga, wysoka rozdzielczość	Nie umożliwia oceny struktur kostnych poza ich zarysami zewnętrznymi, wartość wysoce zależna od doświadczenia badającego
Tomografia komputerowa	Ocena dokonanych zmian w strukturach kostnych, zwłaszcza przed zabiegami operacyjnymi — również w rekonstrukcjach wielopłaszczyznowych i trójwymiarowych	Dokładna ocena struktur kostnych, obecności zwapnień	Ograniczona możliwość oceny tkanek miękkich oraz niska czułość w fazie najwcześniejszej przed dokonaniem destrukcji kostnej

PIŚMIENNICTWO

- Korzon-Burakowska A. Zespół stopy cukrzycowej — patogeniza i praktyczne aspekty postępowania. *Choroby Serca i Naczyń* 2007; 4: 1–6.
- Myerson M.S., Henderson M.R., Saxby T., Short K.W. Management of midfoot diabetic neuroarthropathy. *Foot Ankle Int.* 1994; 15: 233–241.
- El Marghraby T.A., Moustafa H.M., Pauwels E.K. Nuclear medicine methods for evaluation of skeletal infection among other diagnostics methods. *QJ Nucl. Med. Mol. Imaging* 2006; 50: 167–192.
- Tomas M.B., Patel M., Marwin S.E. i wsp. The diabetic foot. *Br. J. Radiol.* 2000; 73: 443–450.
- Jones E.A., Manaster B.J., May D.A., Disler D.G. i wsp. Neuropathic osteoarthropathy: diagnostic dilemmas an differential diagnosis. *Radiographics* 2000; 20: 279–293.
- Świątkowski J. Zmiany zwyrodnieniowe i artropatie. W: Leszczyński S. (red.). *Radiologia*. PZWL, Warszawa 1993: 194–214.
- Borejko M., Dziak A. Osteoartropatie neurogenne. W: *Badanie radiologiczne w ortopedii*. PZWL, Warszawa 1988: 390–395.
- Chantelau E., Poll L.W. Evaluation of the diabetic foot by MR imaging or plain radiography — an observational study. *Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes* 2006; 114: 428–431.
- Tan P. i Teh J. MRI of the diabetic foot: differentiation of infection from neuropathic change. *Br. J. Radiol.* 2007; 80: 939–948.
- Shao-Pow L., Brown J.J. MR Contrast agents — physical and pharmacologic basics. *J. Magn. Res. Imaging* 2007; 25: 884–899.